

TÍNH TOÁN HỆ KẾT CẤU BẢO VỆ HỒ MÓNG SÂU BẰNG PHƯƠNG PHÁP XÉT SỰ LÀM VIỆC ĐỒNG THỜI GIỮA ĐẤT NỀN VÀ KẾT CẤU

Châu Ngọc Ân⁽¹⁾, Lê Văn Pha⁽²⁾

(1) ĐHQG-HCM

(2) Ủy ban Nhân dân quận 5, TP.Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 07 tháng 05 năm 2007, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 30 tháng 06 năm 2007)

TÓM TẮT: Nhu cầu sử dụng phần không gian dưới mặt đất để xây dựng công trình ngày càng phổ biến và bức thiết, nhất là trong các thành phố lớn như thành phố Hồ Chí Minh. Các công trình xây dựng này có phần kết cấu ngầm sâu trong đất. Việc tính toán kiểm tra hệ thống kết cấu chống đỡ hồ móng sâu trong quá trình thi công công trình trở nên phức tạp và yêu cầu cao, nhất là khi mặt bằng thi công chật hẹp và trong điều kiện đất yếu. Hiện tại, phương pháp tính toán hệ thống kết cấu chống đỡ có nhiều tầng thanh chống vẫn được sử dụng là phương pháp tính toán gần đúng dựa trên theo lý thuyết áp lực đất của Coulomb.

Phương pháp tính toán hệ kết cấu chống đỡ bằng phương pháp xét sự làm việc đồng thời giữa đất nền và hệ kết cấu bằng phương pháp phân tử hữu hạn với việc sử dụng phần mềm PLAXIS 7.2 cho phép kiểm tra ổn định và biến dạng đất nền và hệ kết cấu ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình thi công.

1. TỔNG QUAN

Vấn đề thiết kế đảm bảo ổn định và an toàn thi công đào sâu trong nền đất luôn là bài toán khó vì dù có nhiều tiến bộ trong tính toán mô phỏng dựa trên các mô hình toán diễn tả được ứng xử đất nền khá gần với ứng xử thực tế nhưng vẫn còn những sự cố công trình như trạm bơm nước thải Bangkok – Thái Lan có kích thước 20,3m đường kính, sâu 20,2m, bị sập ngày 17 – 8 – 1997 khi vừa hoàn tất công tác đào và lắp đặt hệ thanh chống. Kết cấu của công trình gồm hệ tường vây liên kết (diaphragm wall) giữ vai trò như tường chắn khi thi công đào sâu và giữ vai trò tường hãm sau khi đúc bê tông các bản sàn hầm. Đặc biệt là công trình này có kích thước hoàn toàn giống một công trình tương tự đã thi công thành công ở Frankfurt - Đức. Ở Việt Nam cũng đã có những công trình đào sâu tương tự, nhưng phần lớn do các công ty nước ngoài thiết kế và giám sát thi công. Bài báo này phân tích và so sánh kết quả tính toán lý thuyết với kết quả đo đạc trong quá trình thi công của công trình tương tự ở thành phố Hồ Chí Minh, nhằm rút ra một số kết luận hy vọng có thể ứng dụng cho các công trình khác.

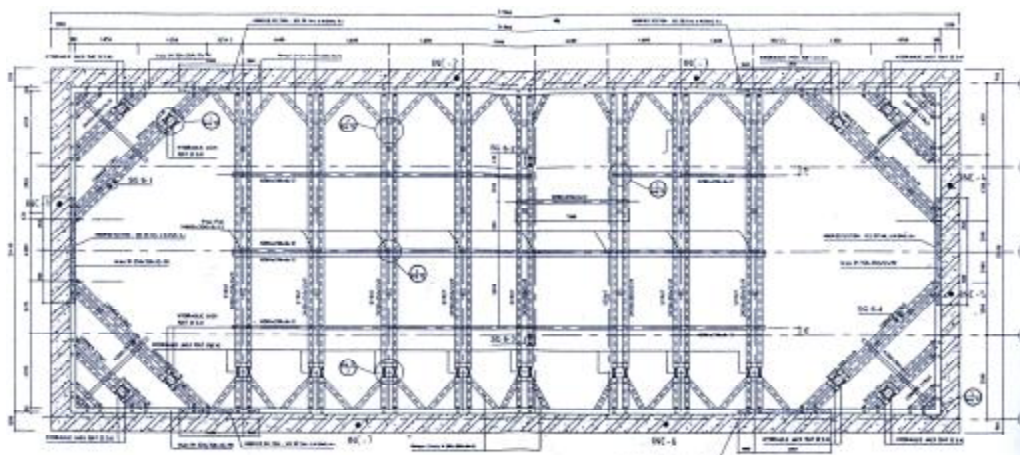


Hình 1: Trạm bơm Bangkok bị sập khi đào đất

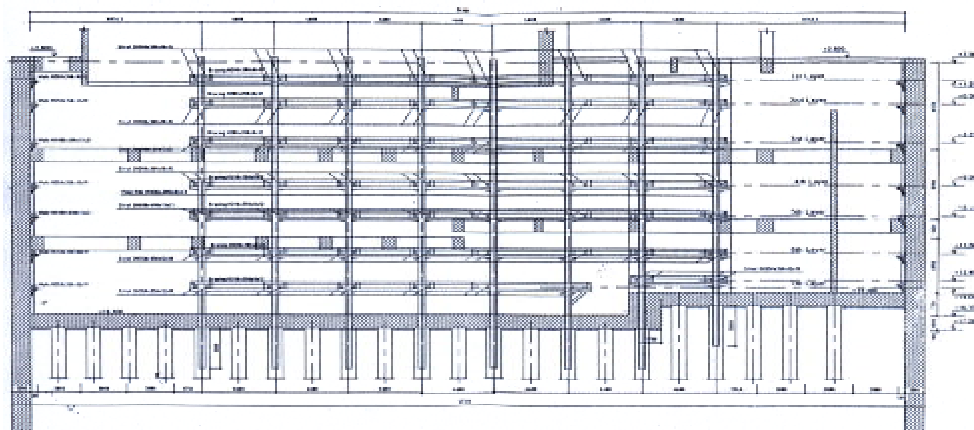
2. ĐẶC ĐIỂM CÔNG TRÌNH TRẠM BƠM NƯỚC THUỘC HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI NHIÊU LỘC-THỊ NGHÈ (TP.HỒ CHÍ MINH)

Công trình trạm bơm nước sinh hoạt thuộc hệ thống xử lý nước Nhiêu Lộc–Thị Nghè (TP.Hồ Chí Minh) có kích thước rộng 22m, dài 57,3m, sâu 19m. Giải pháp kết cấu được chọn là bản đáy bê tông cốt thép và các sàn liên kết vào hệ tường vây dày 1,2m, sâu 40m, đã được đúc trước với công nghệ đào rãnh nhồi bê tông tại chỗ. Chiều dày tường và cốt thép trong tường vây đã được chọn theo quá trình đào gồm có từ 5 – 7 tầng thanh chống. Giải pháp thi công được chọn gồm có 7 tầng thanh chống cho đến độ sâu đủ để thi công bản đáy trạm bơm.

Hệ thanh chống được sử dụng trên công trường thuộc loại có thể thay đổi chiều dài bằng kích (tăng lực trong thanh chống) nhằm hạn chế chuyển vị tường trong quá trình đào đất. Các đặc điểm và chi tiết hệ chống được giới thiệu trong các hình 2 đến hình 5.



Hình 2. Mặt bằng công trình



Hình 3. Mặt cắt công trình



Hình 4. Hệ tường chắn và thanh chống



Hình 5. Các kích điều chỉnh chuyển vị của tường

Địa chất công trình

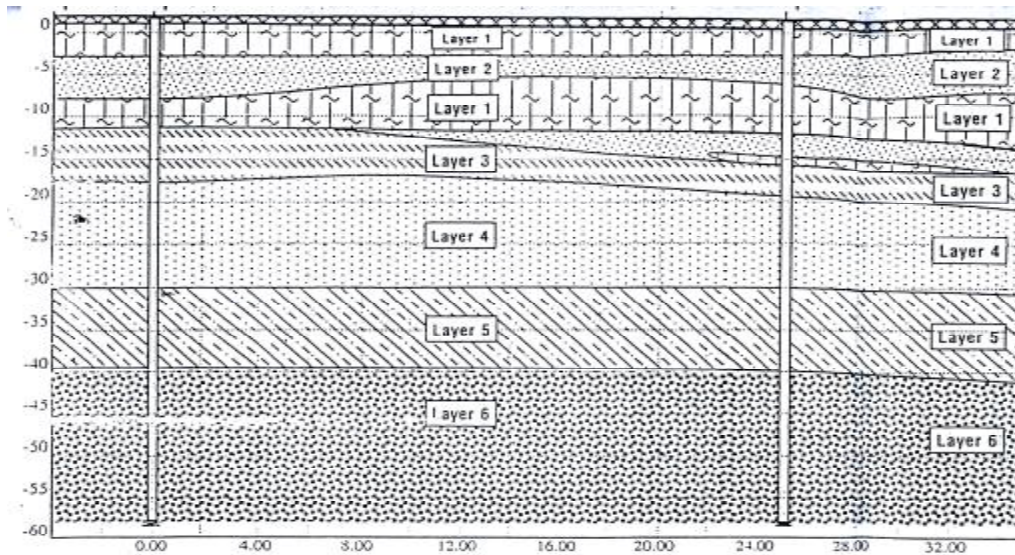
Mặt cắt địa chất công trình thể hiện ở hình 6 và tính chất cơ lý chủ yếu của các lớp đất tại khu vực xây dựng công trình được tóm tắt theo bảng 1:

Bảng 1: Tính chất cơ lý chủ yếu của đất nền công trình

| Tên chỉ tiêu | Lớp 1 | Lớp 2 | Lớp 3 | Lớp 4 | Lớp 5 | Lớp 6 |
|--|--------------|----------|--------------------|----------|----------------|-----------|
| Loại đất | Sét | Cát mịn | Á sét | Cát | Sét | Cát |
| Trạng thái | Rất mềm, mềm | Chặt vừa | Đẻo cứng, nửa cứng | Chặt vừa | Nửa cứng, cứng | Rất chặt |
| Chiều dày m | 7,2-11,2 | 1,2-9,1 | 2,8-8,5 | 6,3-15,9 | 9,2-15,2 | 13,0-19,3 |
| Dung trọng ướt γ (g/cm ³) | 1,552 | 1,981 | 1,999 | 1,896 | 2,007 | 1,992 |
| Dung trọng khô γ_d (g/cm ³) | 0,880 | 1,647 | 1,667 | 1,667 | 1,648 | 1,671 |
| SPT N | 2 | 15 | 17 | 23 | 32 | 57 |
| Module biến dạng E (kN/m ²) | 1.532 | 11.490 | 13.022 | 17.618 | 24.512 | 43.662 |

Module biến dạng E được tính theo công thức tương quan thực nghiệm của Michel và Gardner (1975) và Schurtmann (1970): $E = 766N(kN / m^2)$

Trong đó N là chỉ số SPT



Hình 6. Mặt cắt địa chất công trình

3. BÀI TOÁN MÔ PHỎNG

3.1 Mục tiêu bài toán

Tính toán lực lên các tầng thanh chống theo yêu cầu không chế chuyển vị ngang tối đa của tường trong quá trình đào là 5cm. Từ kết quả tính toán lực nén, chọn kích thước thanh chống của các tầng chống. Tính toán lượng nước cần bơm hút để giữ khô ráo hố đào. Dự trữ khả năng áp lực gia tăng do tính không đồng nhất của đất nhằm bảo vệ hệ thanh chống.

3.2 Mô tả bài toán

Bài toán mô phỏng ứng xử của tường vây trong quá trình đào đất thi công sàn hầm hồ bơm được thực hiện trên chương trình tính PLAXIS phiên bản 7.2. Do hồ bơm khá đối xứng nên mô hình tính được chọn là một bên tường và thực hiện với bài toán phẳng 2D, các bước tính hoàn toàn phù hợp với tiến độ thi công: đào đất + hạ mực nước ngầm trong hố đào; lắp thanh chống + kích thanh chống; tuần tự đến dúc bản đáy và tháo thanh chống. Mô hình nền được sử dụng trong bài toán là Mohr – Coulomb (Mô hình đàn hồi – dẻo lý tưởng).

Tải trọng phân bố đều trên bề mặt đất $q=12\text{kN/m}^2$

Bài toán gồm các giai đoạn tính toán chi tiết ở bảng 2:

Bảng 2: Các giai đoạn tính toán

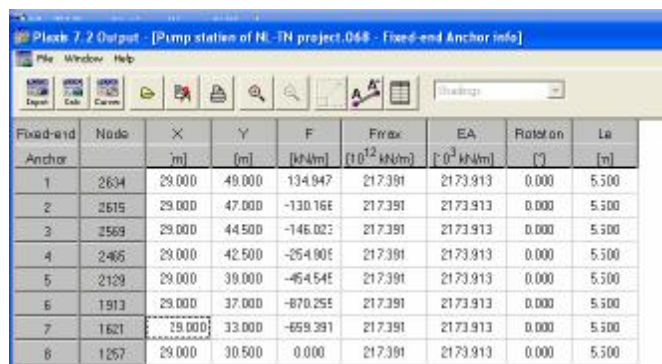
| Phase | Nội dung |
|-------|--|
| 0 | Trạng thái ban đầu của đất nền |
| 1 | Thi công hệ tường chắn BTCT |
| 2 | Tải trọng phân bố tác dụng trên bề mặt |
| 3 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố móng tới cốt -1.500 |
| 4 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -1.000 (lớp thứ 1) |
| 5 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố móng tới cốt -3.500 |

| | |
|----|--|
| 6 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -3.000 (lớp thứ 2) |
| 7 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố móng tới cốt -6.000 |
| 8 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -5.500 (lớp thứ 3) |
| 9 | Đào đất tới cốt và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -7.000 |
| 10 | Đào đất tới cốt và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -8.000 |
| 11 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -7.500 (lớp thứ 4) |
| 12 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -9.000 |
| 13 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -10.500 |
| 14 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -11.500 |
| 15 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -11.000 (lớp thứ 5) |
| 16 | Đào đất và hạ mực nước ngầm trong hố tới cốt -13.500 |
| 17 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -13.000 (lớp thứ 6) |
| 18 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố móng tới cốt -15.500 |
| 19 | Đào đất và hạ mực nước ngầm bên trong hố móng tới cốt -17.500 |
| 20 | Lắp đặt hệ thanh chống cốt -17.000 (lớp thứ 7) |
| 21 | Đào đất tới cốt và hạ mực nước ngầm bên trong hố tới cốt -19.500 |
| 22 | Đổ lớp bê tông cốt thép đáy hố móng cốt -19.500 |
| 23 | Tháo dỡ thanh chống lớp thứ 6 và thứ 7 |

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ SO SÁNH KẾT QUẢ ĐO ĐẠC THỰC TẾ

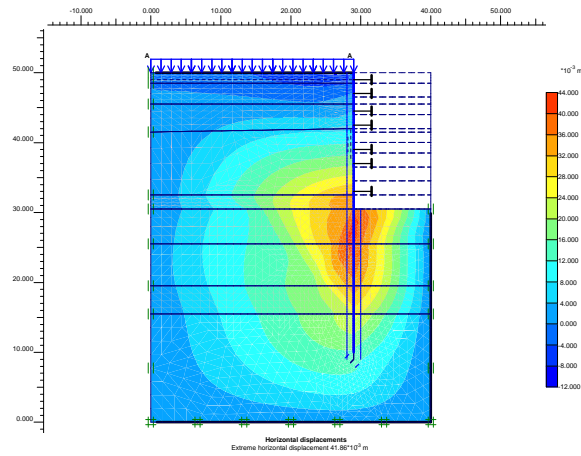
Dưới đây là một số kết quả tính toán các phase cuối cùng. Trong đó chủ yếu trình bày kết quả tính toán lực tác dụng lên thanh chống, moment phát sinh của tường và chuyển vị của đất nền và tường.

4.1. Khi đào đất tới cốt -19.500

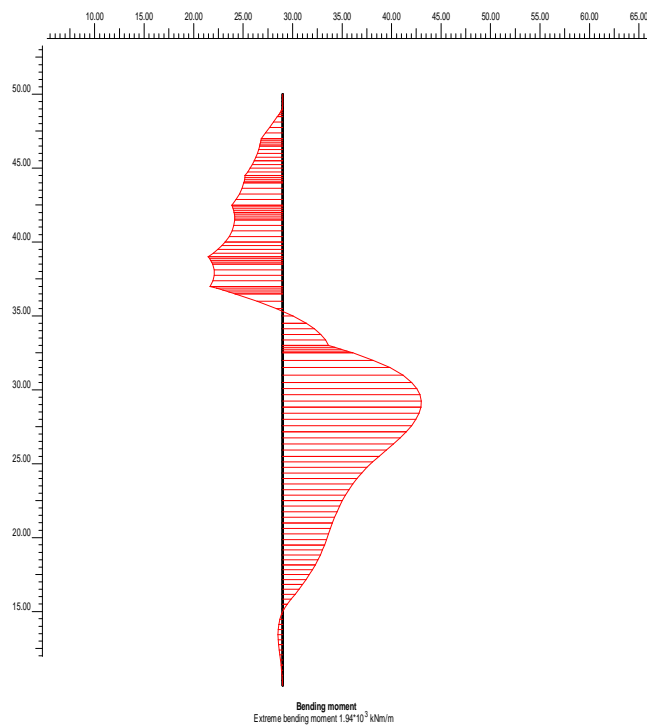


| Fixed-end Anchor | Node | X [m] | Y [m] | F [kN/m] | Fmax [10 ¹² kN/m] | EA [10 ³ kN/m] | Rotation [°] | L _e [m] |
|------------------|------|----------|----------|-------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | 2634 | 29.000 | 49.000 | 134.947 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 2 | 2615 | 29.000 | 47.000 | -130.166 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 3 | 2569 | 29.000 | 44.500 | -146.023 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 4 | 2465 | 29.000 | 42.500 | -254.905 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 5 | 2129 | 29.000 | 39.000 | -454.545 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 6 | 1913 | 29.000 | 37.000 | -670.255 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 7 | 1621 | 29.000 | 33.000 | -659.391 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 8 | 1257 | 29.000 | 30.500 | 0.000 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |

Hình 7: Nội lực phát sinh trong thanh chống khi đào đất sâu -19.500 (phase thứ 21)

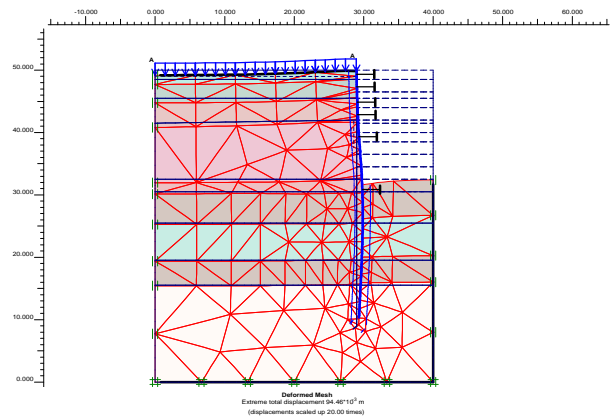


Hình 8: Biểu đồ chuyển dịch ngang của tường sau khi đào đất tới cốt -19.500 (phase thứ 21)
Chuyển dịch ngang lớn nhất là 41,86mm



Hình 9: Biểu đồ moment uốn của tường sau khi đào tới cốt -19.500 (phase thứ 21)
Giá trị M_{\max} là $1,94 \cdot 10^3 \text{ kNm/m}$

4.2. Sau khi tháo dỡ 2 lớp thanh chống thứ 6 và thứ 7

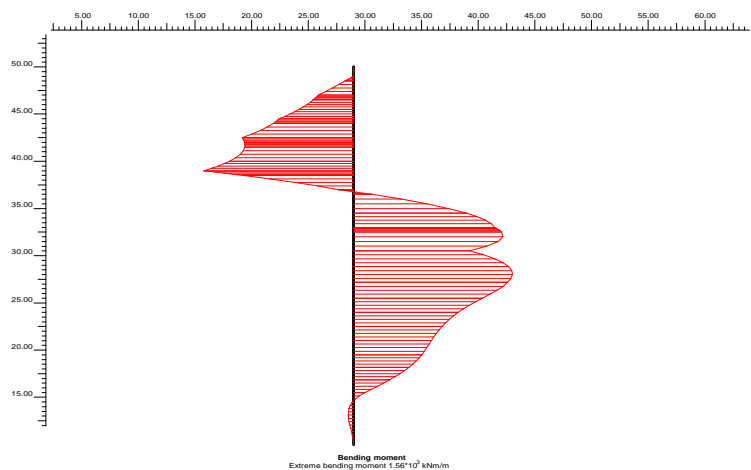


Hình 10. Biến dạng của đất nền và tường sau khi tháo dỡ thanh chống thứ 6 và thứ 7
Tổng biến dạng lớn nhất 94,46mm (phase thứ 23)

Phlaxk 7.7 Output [Pump station of H.L. D4 project.074 - Fixed-end Anchor info]

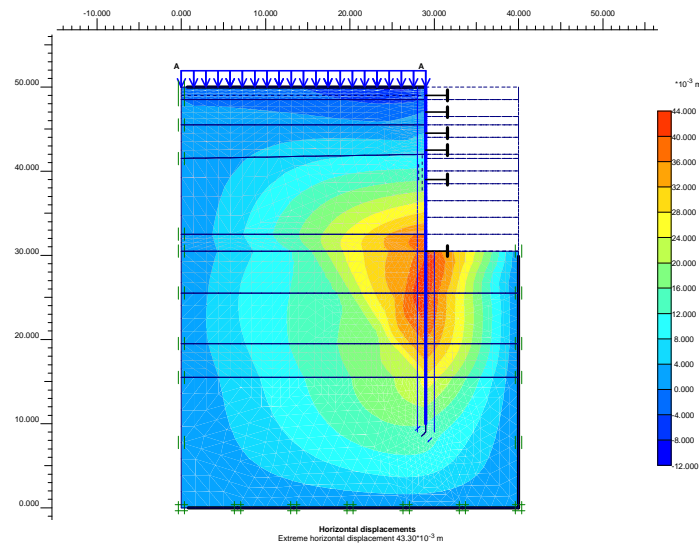
| Fixed-end | Node | X | Y | F | Fmax | EA | Rotation | Li |
|-----------|------|--------|--------|-----------|-------------------------|------------------------|----------|-------|
| Anchor | | [m] | [m] | [kN/m] | [10 ¹² kN/m] | [10 ³ kN/m] | [°] | [m] |
| 1 | 2634 | 29.000 | 49.000 | 157.159 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 2 | 2615 | 29.000 | 47.000 | -91.498 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 3 | 2589 | 29.000 | 44.500 | -123.820 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 4 | 2485 | 29.000 | 42.500 | -339.450 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 5 | 2129 | 29.000 | 39.000 | -1113.827 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 6 | 1913 | 29.000 | 37.000 | 0.000 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 7 | 1621 | 29.000 | 33.000 | 0.000 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |
| 8 | 1257 | 29.000 | 30.500 | -773.364 | 217.391 | 2173.913 | 0.000 | 5.500 |

Hình 11. Nội lực phát sinh trong thanh chống sau khi tháo dỡ thanh chống thứ 6 và thứ 7 (phase thứ 23)



Hình 12. Biểu đồ moment uốn của tường sau khi tháo dỡ thanh chống thứ 6 và thứ 7

Giá trị M_{\max} là $1,56 \cdot 10^3 \text{ kNm/m}$ (phase thứ 23)



Hình 13. Chuyển vị ngang của tường sau khi tháo dỡ thanh chống thứ 6 và thứ 7

Chuyển vị lớn nhất của tường là 43,30mm (phase thứ 23)

4.3. Kết quả tính toán và đo đạc thực tế

Bảng 3. Kết quả tính toán lý thuyết và đo đạc thực tế lực dọc tác dụng lên các lớp thanh chống

| Lớp thanh chống | Cao độ so với cốt tự nhiên (± 0.00) | Kết quả (kN/m) | | | | | |
|-----------------|---|---------------------|------------|---|---------------------|------------|---|
| | | Phase 21 | | | Phase 23 | | |
| | | Tính theo lý thuyết | Đo thực tế | Sai biệt giá trị ở cột 4 so với cột 3 (%) | Tính theo lý thuyết | Đo thực tế | Sai biệt giá trị cột 7 so với cột 6 (%) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | -1.000 | +134,95 | | | +157,16 | | |
| 2 | -3.000 | -130,17 | -160 | +22,90 | -91,50 | -76 | -16,94 |
| 3 | -5.500 | -146,02 | -480 | +228,72 | -123,82 | -506 | +308,65 |
| 4 | -7.500 | -254,91 | -266 | +7,88 | -339,45 | -512 | +50,83 |
| 5 | -11.000 | -454,55 | -483 | +6,26 | -1113,83 | -982 | -11,83 |
| 6 | -13.000 | -870,26 | -778 | -10,60 | | | |
| 7 | -17.000 | -659,39 | -767 | +16,32 | | | |
| Sàn đáy | -19.500 | | | | -773,36 | | |

Ghi chú: -Dấu (-) đối với giá trị lực dọc: lực nén

-Dấu (+) đối với giá trị lực dọc: lực kéo

- Dấu (-) trong cột 5 và cột 8: giá trị đo thực tế nhỏ hơn giá trị tính theo lý thuyết

- Dấu (+) trong cột 5 và cột 8: giá trị đo thực tế lớn hơn giá trị tính theo lý thuyết

5. KẾT LUẬN

Việc tính toán theo phương pháp xét sự làm việc đồng thời giữa đất nền và hệ kết cấu bằng phần mềm PLAXIS 7.2 cho phép tính toán kiểm tra các giai đoạn thi công khác nhau và xác định được chuyển vị, biến dạng và nội lực phát sinh trong đất nền và hệ kết cấu.

- Từ bảng 3, ở phase 21, kết quả tính toán lực dọc tác dụng lên các lớp thanh chống so với kết quả đo đạc thực tế chênh lệch nhau khoảng từ 6% đến 22,9% (trừ lớp thanh chống thứ 3); ở phase 23 mức độ sai biệt khoảng 11,83% đến 16,94% (trừ thanh chống lớp 4, 5). Từ đó cho thấy phương pháp tính toán và kết quả tính là có thể tin cậy được.

- Với hệ số an toàn là 3 đối với hệ thanh chống, trong bảng 3 cho thấy thanh chống lớp thứ 3 ở phase 21 đã làm việc gần giới hạn bền, trong khi thanh chống các lớp khác ở trong điều kiện khá an toàn.

- Trong giai đoạn thực hiện sàn tầng đáy phải kiểm tra sự ổn định của các khớp của hệ thanh chống. Sau khi tháo dỡ thanh chống lớp 6 và lớp 7, lực dọc tác dụng lên thanh chống lớp 3 và lớp 4 tăng lên rất lớn. Đặc biệt ở thanh chống lớp 3, lực dọc tăng lên gấp 4 lần so với kết quả tính theo lý thuyết, làm cho thanh chống lớp 3 làm việc ở trạng thái **rất nguy hiểm**. Vì vậy, cần có phương án tăng cường dự phòng hoặc chỉ tháo thanh chống lớp 7 và giữ lại thanh chống lớp 6.

- Luôn có phương án tăng hệ thanh chống dự phòng (chuẩn bị các vị trí lắp chống xen kẽ) và phải tính toán mô phỏng trước.

CALCULATING SHORING SYSTEMS FOR A DEEP EXCAVATION BY SOIL-STRUCTURE INTERACTION ANALYSIS

Chau Ngọc An⁽¹⁾, Le Van Pha⁽²⁾

(1)VNU-HCM

(2)People's Committee of District 5th Ho Chi Minh City

ABSTRACT: *Need of using underground space to build constructions in big cities like HoChiMinh City is becoming more and more popular and urgent, Those constructions have structure parts which is placed in subsoil. This demands calculating or controlling shoring systems more complex and high requirement, especially in conditions of narrow construction site and soft soil. At present, the popular method to calculate shoring systems is the approximative method based on Coulomb's earth pressure theory.*

The soil- Structure Interaction Analysis by finite element method with support of PLAXIS 7.2 allows us to calculate or control stability and deformation of soilbase and shoring systems in different building periods.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Châu Ngọc Ân, *Nền móng*, NXB Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh, (2003).
- [2]. Nguyễn Bá Kê, *Thiết kế và thi công hố móng sâu*, NXB Xây dựng, (2002) .
- [3]. W. Teparasa, N. Thasnanipan, A. W. Maung và P. Tanseng, *Lessons from the collapse during construction of an inlet pumping station*, Field Measurements in Geomechanics, Leung, Tan & Phoon (eds) © 1999 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 066 3
- [4]. Lê Văn Pha, *Chuyên đề tiến sĩ “Nghiên cứu phương pháp tính toán ổn định và biến dạng công trình Tường cọc bán bê tông cốt thép để bảo vệ công trình ven sông trong điều kiện đất yếu và ngập lũ ở ĐBSCL”*, Trường Đại học Bách khoa TP.Hồ Chí Minh, (2005).
- [5]. Tài liệu đo đạc thực tế chuyển vị tường vây, lực nén dọc lên thanh chống tại công trình Trạm bơm nước thuộc hệ thống xử lý nước Nhiều Lọc- Thị Nghè (TP. Hồ Chí Minh).